

Б У Д І В Н И Ц Т В О

УДК 624.159 : 624.138

В.С.ШОКАРЕВ, И.В.СТЕПУРА, кандидаты техн. наук

Запорожское отделение Государственного предприятия

«Научно-исследовательский институт строительных конструкций»

Р.В.САМЧЕНКО, канд. техн. наук, И.Д.ПАВЛОВ, д-р техн. наук

Запорожская государственная инженерная академия

КОМПЛЕКСНЫЕ МЕРЫ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ДЕФОРМИРОВАННОГО 10-ЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ В ПРОЕКТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Рассмотрены вопросы деформации здания и шахт лифтов незавершенного строительства в виде сверхнормативных кренов за период длительного перерыва, технология их ликвидации и закрепления грунтов при усилении основания.

Розглянуто питання деформацій будинку і шахт ліфтів незакінченого будівництва у вигляді надлишкових кренів за період тривалої перерви, технологія їх ліквідації та закріплення ґрунтів при підсиленні основи.

Problems of construction and lifts deformation of the unfinished building in the form of above-standard lists during the period of long break, technology of its liquidation and soil consolidation with the help of basis strengthening are considered in the following article.

Ключевые слова: деформация, крен, выравнивание блок-секции, неравномерные осадки, закрепление грунтов, усиление основания, буромесительная технология, мониторинг объекта.

Трехподъездный 10-этажный крупнопанельный жилой дом на площадке по ул. Юности в г. Запорожье возведен из типовых блок-секций серии 480А, торцевой левой 480А-066 и двух рядовых 480А-065. Две рядовые секции спаренные, т.е. выполнены без деформационного шва. Длина спаренной блок-секции по осям составляет 51,2 м (рис.1).

Конструктивная схема здания – бескаркасная с продольными несущими стенами. Под зданием имеется технический подвал высотой 2,0 м.

Конструктивные элементы здания: фундаменты – ленточные монолитные железобетонные; цоколь – сборный железобетонный; надземные стены – сборные железобетонные.

Грунтовые условия площадки здания и проектное решение основания. Инженерно-геологическими изысканиями определен геологический разрез грунтовой толщи, которая включает 9 слоев чередующихся лессовых и лессовидных просадочных суглинков и супесей общей мощностью до 21 м с величиной просадки от собственного веса при замачивании до 45 см, т.е. II тип грунтовых условий по просадочности, пло-

щадка здания относится к сложным условиям строительства.



Рис.1 – Спаренная накренившаяся блок-секция

Здание запроектировано с комплексом конструктивных мероприятий для строительства в сложных грунтовых условиях и выполнено по жесткой конструктивной схеме путем объединения несущих элементов в единую пространственную жесткую систему. Железобетонные пояса выполнены в верхних и нижних частях стеновых панелей. В качестве подготовки основания проектом предусмотрен способ армирования просадочной толщи элементами повышенной жесткости (набивные сваи) с устройством поверху распределительной грунтовой подушки. Устройство набивных свай предусматривалось выполнить путем бурения скважин $\varnothing 500$ мм до кровли красно-бурых непросадочных суглинков с уширением. Формирование уширения $\varnothing 1350$ мм производится путем втрамбовывания гранитного щебня фракции 20...40 мм в красно-бурые суглинки опорного слоя. Формирование ствола сваи осуществляется путем послойного уплотнения щебня аналогичной фракции. Верхняя часть скважин (буферный слой), подлежащая срезке при устройстве грунтовой подушки ($l=3,5$ м), заполняется суглинком с уплотнением. Шаг армирующих элементов 2,5 м. Мощность распределительной грунтовой подушки, накрывающей армомассив, в соответствии с проектом должна составлять 3 м. Материал подушки – суглинки, уплотненные до плотности грунта в сухом состоянии $\rho_d=16,5...17,0$ кН/м³. Таким образом, принятые проектные решения соответствуют требованиям нормативных документов по проектированию зданий на просадочных грунтах II типа [1].

В соответствии с принятыми проектными решениями была выполнена подготовка основания и возведена коробка здания в 1994-1995 гг., после чего работы по строительству дома были приостановлены из-за наступившего кризиса и, как следствие, отсутствия финансирования. Строительство жилого дома возобновилось в 2005 г. При возобновлении строительства ЗО НИИСК было выполнено обследование здания, по результатам которого установлено, что за длительный срок перерыва в строительстве спаренная блок-секция (б.с.) претерпела сверхнормативные сложные (в продольном и поперечном направлениях) крены с преобладанием в поперечном направлении, результирующая которых превысила допустимую норму в 5 раз. Вместе с коробкой б.с. получили крены и обе шахты лифтов, из-за чего монтаж лифтов был невозможен.

При этом следует отметить, что другие виды деформаций не обнаружены, за исключением незначительного трещинообразования, что объясняется достаточной жесткостью конструктивной схемы данной серии. Спаренная б.с. наклонилась как жесткий штамп по следующим причинам. Не была выполнена надлежащим образом консервация стройки на период длительного перерыва. Некачественная подготовка основания – не выполнена срезка буферного слоя армоэлементов, щебень в верхней части полостей скважин не уплотнен и не заменен суглинком с уплотнением, в результате чего щебеночные элементы вместо армирующих грунт превратились в дренажную систему. Грунтовая подушка из-за некачественного устройства – толщина уплотненного грунта переменная по всему «пятну» здания и колеблется в пределах 0,2...2,6 м вместо 3,0 м, при этом степень уплотнения также неравномерная – плотность сухого грунта находится в пределах 1,36...1,6 г/см³ вместо требуемой плотности 1,6...1,70 г/см³, грунтовая подушка не выходит за контуры фундаментов в соответствии с проектом на 3,3 м. Таким образом, грунтовая подушка не оказалась конструкцией достаточной несущей способности и надежным защитным экраном от замачивания.

Для обеспечения возможности окончания строительства здания, монтажа лифтов и нормальной эксплуатации жилого дома необходимо было выполнить: восстановление б.с. и шахт лифтов в проектное положение их выравниванием, инъецирование трещин в конструкциях и усилить основание укреплением грунтов под фундаментами.

В строительной практике к наиболее проверенным и апробированным методам выравнивания накренившихся зданий, сооружений относятся замачивание грунтов оснований [2]; поддомкрачивание [3], управляемое изменение жесткости основания выбуриванием грунтов из-под фундаментов [4].

На основании анализа был сделан вывод, что наиболее целесообразным методом выравнивания б.с. и лифтов в данных условиях является частичное удаление грунта из-под фундаментов бурением горизонтальных скважин переменных параметров со стороны менее осевшей части б.с. [5].

При решении второй проблемы (усиление основания) в процессе анализа методов укрепления грунтов сделан вывод, что наиболее применимыми являются силикатизация грунтов [6] и бурсмесительная технология устройства армирующих элементов [7]. При этом более целесообразным методом является бурсмесительная технология, поскольку технология и оборудование по силикатизации на данный момент не адаптированы к укреплению грунтов в горизонтальном направлении, что обуславливает необходимость выполнять укрепление грунтов под всеми несущими фундаментами в наклонном направлении внутри помещений. Тогда как в ЗО НИИСК разработан на уровне изобретения способ укрепления грунтов бурсмесительной технологией в горизонтальном направлении [7], что даёт возможность выполнять работу по усилению основания котлована за пределами здания. При этом, применяются разработанные нами также на уровне изобретения [8] станки горизонтального бурения, которые используются как при выравнивании зданий, так и при укреплении грунтов.

Проект выравнивания б.с. разработан на основании анализа инженерно-геологических изысканий и результатов геодезической съемки кренов б.с. При определении параметров выравнивания одним из главных факторов является определение и построение требуемой эпюры осадок фундаментов в продольном и поперечном направлениях и на их основе выполнение расчета технологических параметров – переменных диаметров, шагов горизонтальных скважин, их длин, количества рядов по вертикали [9]. Параметры эпюры требуемых осадок фундамента определяется из выражения

$$S_{mp} = i \times l_i, \quad (1)$$

где i – фактический крен здания; l_i – расстояние от линии «поворота» здания до соответствующих точек фундаментов.

Эпюра требуемых осадок во избежание прогибов или выгибов фундаментов должна быть линейной. При кренах в поперечном или продольном направлениях форма эпюры должна иметь форму треугольника, а при сложном крене – форму трапеции.

После построения эпюры требуемых осадок приступают к расчету технологических параметров выравнивания б.с. При этом требуемую эпюру разбивают на участки и в пределах каждого участка определяют

диаметры, шаги, длины участков скважин, которые должны обеспечить соответствующие осадки фундаментов из равенства

$$S_i = \frac{\pi d_i^2 K_{ep}}{4U_i}, \quad (2)$$

где S_i – требуемая осадка на i -м участке эпюры, которую получают из эпюры требуемых осадок; d_i – диаметр скважин; K_{ep} – коэффициент, учитывающий характеристики грунта [9]; U_i – шаг скважин на i -м участке.

Реализация проектного решения заключалась в следующем. Для бурения горизонтальных скважин был откопан котлован вдоль наружной стороны менее осевших фундаментов (со стороны главного фасада). На спланированном дне смонтированы направляющие и станки горизонтального бурения. Учитывая большую длину спаренной б.с. во избежание деформаций выгибов или прогибов фундаментов, организацию бурения горизонтальных скважин необходимо было осуществить таким образом, чтобы перфорация основания выполнялась пропорционально одновременно по всей длине. Для этого всю длину б.с. разбили на четыре участка, на каждом участке установили горизонтальные буровые станки, которыми на всех участках в определенной последовательности одновременно бурили скважины по захваткам.

Для задания фундаментам б.с. осадок по трапециевидной эпюре с максимальной величиной 260 мм с изменением по линейной закономерности проектом предусмотрено бурение трех рядов, в том числе неполных, горизонтальных скважин в разной комбинации параметров. Для достижения такой задачи использовали шесть типоразмеров диаметров шнеков от 110 до 250 мм.

В первую очередь бурили скважины нижнего ряда. По окончании бурения нижнего ряда скважин оборудование демонтировалось, котлован частично засыпался грунтом, вынутым при бурении, с уплотнением, с подъемом «нового» дна на 300 мм. Снова монтировалось оборудование и выполнялось бурение среднего ряда, затем верхнего ряда, ось которого располагались на 400 мм ниже подошвы фундаментов.

При закрытии котлована на уровнях нижнего и среднего рядов скважин из их полостей выводили отрезки гибких шлангов для подачи через них воды для увлажнения грунта в стенках скважин в процессе регулирования осадок фундаментов.

На протяжении всего периода выравнивания б.с. осуществлялись регулярные наблюдения за осадками фундаментов геодезическим нивелированием по настенным геодезическим маркам. По данным наблюдений строились эпюры осадок (рис.2) и графики изменения осадок во

времени – динамика осадок (рис.3).

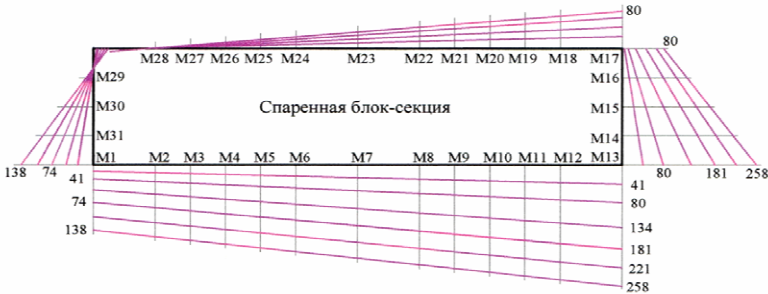


Рис.2 – Эпюры осадок спаренной блок-секции (М – стенная геодезическая марка)

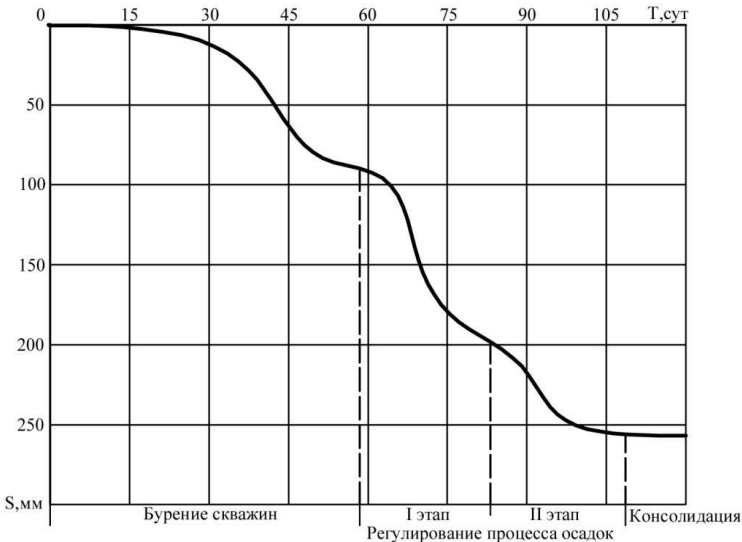


Рис.3 – График динамики осадок

Анализ эпюры осадок дает наглядную картину протекания процесса выравнивания б.с. При отклонении от прямолинейности, т.е. возникновение кривизны или точки перегиба, необходимо анализировать, выяснять причину такого явления и срочно вносить корректировку в технологический процесс выравнивания. Отклонение линий эпюры от прямолинейности означает опережение или замедление скорости осадок на смежных участках фундаментов.

По окончании бурения проектного объема скважин приступают к

регулюванню осадок. Нами розробтані різні способи регулювання осадок путем прискорення, сповільнення, припинення осадок. Регулювання осадок, при необхідності, виконують також в процесі буріння скважин.

Аналіз графіка динаміки (рис.3) показує, що осадки б.с. почалися в процесі буріння скважин. Однак інтенсивність осадок в початковий період буріння була низькою. Так, в результаті буріння нижнього ряду (30% від всього об'єму), осадка склала лише 7 мм, що становить приблизно 2,5% від максимальної. Низькою залишалася активність осадок фундаменту і в кінці буріння середнього ряду, коли осадки досягли величини 16 мм. Столь низька інтенсивність осадок пояснюється низькою вологістю ґрунтів на глибині буріння скважин цих рядів. Більш активні осадки почалися в процесі буріння третього ряду, які досягли 45-55 мм, а через 52-53 діб після початку буріння осадки досягли 85 мм і їх інтенсивність почала зменшуватися і через два місяці осадки практично стабілізувалися. Прийнято було одне з розроблених рішень прискорення осадок – зниження опротивляемості стисненню ґрунту в цівках і сводах шляхом зволоження ґрунту вкруг стінок скважин. Зволоження ґрунтів в цівках між скважинами здійснювалося поетапно подачею невеличкими порціями води з наблюденням за осадками. Кожен етап зволоження приводив до суттєвому збільшенню осадок з поступовим їх зменшенням в течение кількох діб, після чого приступали до наступного етапу зволоження. З графіка видно, що було виконано два етапи зволоження.

В процесі осадок фундаментів ґрунт в цівках і сводах під дією навантаження поступово руйнувався. Скважини з круглої форми приймали еліпсоїдну, поступово заповнювалися руйнованим вологим ґрунтом з цівки ґрунту між скважинами. Після третього етапу зволоження осадки поступово зменшувалися, крива осадок виполаживалася, асимптотично наближаючись до горизонталі. Скважини повністю закрилися, ґрунт під фундаментами ущільнювався, настав період консолідації ґрунтів.

Так як осадки фундаментів відбулися по виможеній розрахунковій епюрі, будинок і разом з ним шахти ліфтів, оскільки вони зведені на загальному фундаменті, зайняли проектне положення.

По закінченні першого етапу відновлювального процесу деформованого будинку – ліквідації крена приступили до II етапу – *усилення основи*. Усилення основи виконувалося шляхом армування слабкого шару ґрунтової подушки горизонтальними ґрунтоцементними елементами підвищеної жорсткості буромесильною технологією.

В тому ж котловані, з якого виконували буріння горизонталь-

ных скважин в процессе выравнивания б.с., теми же станками в слабом слое грунта под фундаментами устраивали армирующие горизонтальные грунтоцементные элементы (ГЦЭ). Технологическая схема устройства ГЦЭ показана на рис.4.

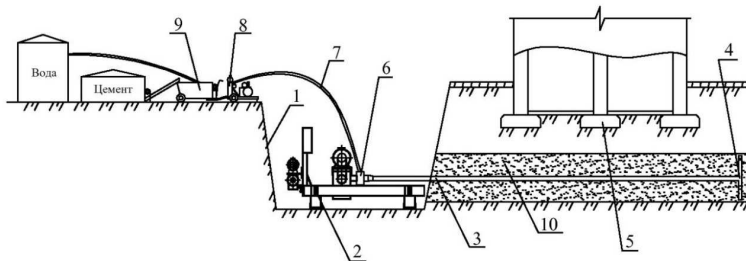


Рис.4 – Технологическая схема горизонтального армирования грунтов:

- 1 – котлован; 2 – станок горизонтального бурения; 3 – полая буровая штанга;
4 – буромеситель; 5 – фундамент; 6 – вертлюг; 7 – гибкий рукав; 8 – растворонасос;
9 – растворомеситель.

При вращении буровой штанги и буромесительного рабочего органа с одновременным осевым перемещением происходит разрушение природной структуры грунта без выноса его на поверхность. Одновременно с началом разрушения грунта через вертлюг, которым снабжен станок горизонтального бурения, по полым штангам нагнетается водцементный раствор требуемой консистенции, который под давлением через отверстия буромесителя перемешивается с грунтом нарушенной структуры. Тщательно перемешанный с цементным раствором грунт затвердевает и становится армирующим элементом повышенной жесткости, который не размокает в воде. Прочностные и деформационные характеристики грунтоцемента зависят от процентного отношения грунт - цемент и могут достигать существенных величин.

Поскольку работы по выравниванию б.с. и усилению основания выполняются в стесненных условиях, для реализации этих технологий применяется малогабаритное оборудование, разработанное специалистами ЗО НИИСК.

Грунтоцементные армирующие элементы располагались в два ряда. Параметры ГЦЭ: диаметр – 350 мм, шаг – 0,8 м, длина – 17 м, т.е. выходили за пределы фундаментов на 2 м с каждой стороны. Ось верхнего ряда расположена на расстоянии 0,6 м от подошвы фундамента, нижнего – 1,2 м. В первую очередь выполнили армоэлементы нижнего ряда, затем частично засыпали котлован и на спланированное «новое» дно уложили уголкового направляющие для перемещения буровых станков и

выполнили верхний ряд армоэлементов.

По окончании усиления основания с противоположного фасада здания грунтоцементные армоэлементы были частично вскрыты, из них вырезали кубики для исследования характеристик грунтоцемента. Визуальным обследованием армоэлементов установлено, что они расположены параллельно, их диаметры составляли 350 мм. Лабораторными исследованиями определены предел прочности на сжатие $R_{сж} = 30...35 \text{ кг/см}^2$ и модуль деформации $E = 2800...3200 \text{ кг/см}^2$, что значительно выше значений, принятых в проекте.

По окончании работ по усилению основания котлован был закрыт с послойным уплотнением грунтов до плотности $1,6 \text{ г/см}^3$. Имевшиеся трещины в конструкциях, которые практически не изменились, заинжецированы полимерными растворами. В результате восстановления вертикальности шахт лифтов появилась возможность их монтажа, который выполняли в процессе завершения строительства.

На протяжении всего периода восстановительных работ на спаренной б.с. осуществлялся *мониторинг*, состоящий из геодезического контроля, в процессе которого велись регулярные наблюдения за осадками фундаментов нивелированием и теодолитная съемка – за изменением кренов б.с. Геодезический вид мониторинга имеет дискретный характер. Непрерывный контроль за возможным изменением различных видов деформаций в режиме реального времени осуществлялся с применением автоматизированной системы универсального измерения деформаций, разработанный в Запорожском отделении НИИСК [10]. Данная система основана на применении универсального датчика УИД.

Датчики УИД были установлены в подвальной части, на стенах этажей, на шахтах лифтов. Всего было установлено 37 датчиков. Съем информации осуществлялся с помощью специальной системы опроса серии датчиков с применением мобильного телефона, обработка снимаемой с датчиков УИД информации производится компьютерной программой «PENDULUM». Компьютерная программа выдает 9 показателей, сведенных для каждого датчика в таблицу. Поскольку автоматизированный контроль осуществляется постоянно, то информацию по изменению того или иного вида деформаций можно получить в любой момент времени.

По окончании восстановительных работ датчики УИД были демонтированы за исключением контрольных, с помощью которых осуществляется наблюдение за пространственным положением здания в процессе эксплуатации. Периодический контроль свидетельствует о стабильном состоянии здания на протяжении пяти лет.

Выводы

1. Разработанные технологии выравнивания накренившихся зда-

ний и закрепления грунтов для усиления оснований в горизонтальном направлении, являются эффективными при восстановлении деформированных зданий, сооружений и при реконструкции объектов с обеспечением дальнейшей их надежной и безопасной эксплуатации.

2. Разработанное соответствующее малогабаритное оборудование обеспечивает возможность выполнения восстановительных работ при защите деформированных зданий при реконструкции в стесненных условиях без отселения жителей и прекращения эксплуатации.

3. Разработанная система мониторинга дает возможность контролировать выполнение восстановительных работ и мероприятий при реконструкции на каждом этапе технологического процесса.

1.ДБН В.1.1-5-2000. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах // Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України. – У 2-х ч. – Ч.ІІ. Будинки і споруди на просідаючих ґрунтах. – К.: Держбуд України, 2000. – 84 с.

2.Тугаенко Ю.Ф., Матус С.В., Синявский С.Д. Исправление крена 16-этажного жилого дома // Основание, фундаменты, механика грунтов. – М., 1979. – №2. – С.3-4.

3.Трегуб А.С., Москаліна І.М., Науменко В.П., Мілявський В.П. Вирівнювання будинків домкратами // Будівельні конструкції: Зб. наук. пр. – К.: НДІБК, 2008. – Вип.71. Т.2. – С.93-102.

4.Степура І.В., Шокарев А.В., Павлов А.В., Самченко Р.В. Об устранении кренов деформированных зданий // Будівельні конструкції: Зб. наук. пр. – К.: НДІБК, 2008. – Вип.71. Т.2. – С.119-129.

5.Патент №65455 Україна, Е02Д35/00. Способ выравнивания зданий, сооружений / Степура І.В., Шокарев А.В., Павлов А.В., Трегуб А.С., Самченко Р.В. (Украина); Бюл. №3. – 2004. – 4 с.

6.Губкін В.А., Соловьев Н.Б., Голиков В.Г. Усиление оснований и фундаментов при реконструкции зданий и сооружений // Будівельні конструкції: Зб. наук. пр. – К.: НДІБК, 2008. – Вип. 53. Кн.1. – С.89 – 94.

7.Степура І.В., Шокарев В.С., Павлов А.В., Самченко Р.В., Степура С.И. Горизонтальное армирование грунтов в основаниях зданий // Будівельні конструкції: Зб. наук. пр. – К.: НДІБК, 2007. – Вип.66. – С.34-41.

8.Патент України №42283, Е 21В3/00, Установка для проходки в грунтах / Степура І.В., Шокарев В.С., Павлов А.В., Самченко Р.В., Трегуб А.С., Степура С.І. (Україна) - №u200901349; заява 18.02.2009, Бюл. №12. – 2009. – 6 с.

9.Самченко Р.В. Удосконалення технології вирівнювання нахилених будівель горизонтальним вибурюванням ґрунту із основи. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Дніпропетровськ, 2010. – 19 с.

10.Шокарев В.С., Чаплыгин В.И., Хилько С.В. и др. Автоматизированная информационно-измерительная система для мониторинга строительных объектов // Будівельні конструкції: Зб. наук. пр. – К.: НДІБК, 2004. – Вип.61. Т.1. – С.496-501.

Получено 09.03.2012